

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт Электронного обучения
Направление подготовки Теплоэнергетика и теплотехника
Кафедра Теоретической и Промышленной Теплотехники

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Численный расчет тепловых потерь жилого дома г. Томске

УДК 697.34.001.24(571.16)

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-5Б13	Карапузов Д.Г.		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Бульба Е. Е.	К.Т.Н		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ст. преп.	Кузьмина Н.Г.			

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Гусельников М.Э.	К.Т.Н		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ТПТ	Кузнецов Г.В.	д.ф.-м.н., профессор		

Томск – 2016

Министерство образования и науки Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт Электронного обучения

Направление подготовки Теплоэнергетика и теплотехника

Кафедра Теоретической и промышленной теплотехники

УТВЕРЖДАЮ:

Зав. кафедрой ТПТ

_____ Кузнецов Г.В.

(Подпись) (Дата)

ЗАДАНИЕ

на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Дипломного проекта

Студенту:

Группа	ФИО
3-5Б13	Карапузов Дмитрий Геннадьевич

Тема работы:

Численный расчет тепловых потерь жилого дома в г.Томске	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	№

Срок сдачи студентом выполненной работы:

--	--

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

<p>Исходные данные к работе</p> <p><i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i></p>	<p>-параметры наружного воздуха -40°C</p> <p>-наружная стена толщиной 615мм $K_{с}=0,907 \text{ Вт/м}^2 \cdot ^\circ\text{C}$</p> <p>- покрытие пола цокольного этажа $K_{с}= 0,198 \text{ Вт/м}^2 \cdot ^\circ\text{C}$</p> <p>- окна $K_{с}= 1,827 \text{ Вт/м}^2 \cdot ^\circ\text{C}$</p> <p>- входные двери $K_{с}= 2,328 \text{ Вт/м}^2 \cdot ^\circ\text{C}$</p> <p>-наружные стены цокольного этажа $K_{с}= 0,396 \text{ Вт/м}^2 \cdot ^\circ\text{C}$</p>
---	---

<p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</p> <p><i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> - Расчёт значений приведённого сопротивления теплопередаче - Расчет удельного расхода тепловой энергии системой отопления - Предложения по тепловой изоляции здания - Тепловые потери через наружные ограждающие конструкции - Расчет экономического эффекта - социальная ответственность проекта
<p>Перечень графического материала</p> <p><i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	А3 -3 шт.
<p>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</p> <p><i>(с указанием разделов)</i></p>	
Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Кузьмина Н.Г., ст. преп. каф. менеджмента
Социальная ответственность	Гусельников М.Э., доцент каф. ЭБЖ

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	
---	--

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Бульба Елена Евгеньевна	к.т.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-5Б13	Карапузов Дмитрий Геннадьевич		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Группа	ФИО
---------------	------------

3-5Б13	Карапузов Дмитрий Геннадьевич
--------	-------------------------------

Институт	ИнЭО	Кафедра	ТПТ
Уровень образования	Бакалавр	Направление	Теплоэнергетика и теплотехника

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:	
1. <i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	Разработка мероприятий для повышения энергоэффективности жилого здания Прочие расходы: Проектировщик – инженер Руководитель – научный сотрудник.
2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	2.Принять на основании произведенных расчетов и из анализа отчетов объекта исследования
3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	3.Отчисления на собственные нужды 30% Районный коэффициент 30%
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. <i>Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения</i>	1.Расчет затрат на проектирование.
2. <i>Планирование и формирование бюджета научных исследований</i>	2.Эксплуатационные расходы.
3. <i>Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования</i>	3.Оценка экономической эффективности

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	
---	--

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ст. преподаватель кафедры менеджмента	Кузьмина Наталья Геннадьевна			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-5Б13	Карапузов Дмитрий Геннадьевич		

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»**

Группа	ФИО
35Б-13	Карапузов Дмитрий Геннадьевич

Институт	ИнЭО	Кафедра	ТПТ
Уровень образования	Бакалавр	Направление/специальность	Промышленная Теплоэнергетика

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	
1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	В данной работе мы рекомендуем использовать в качестве теплозащиты жилого шестиэтажного здания мин-плиту П-175
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. Производственная безопасность 1.1. Анализ выявленных вредных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности: <ul style="list-style-type: none"> – физико-химическая природа вредности, её связь с разрабатываемой темой; – действие фактора на организм человека; – приведение допустимых норм с необходимой размерностью (со ссылкой на соответствующий нормативно-технический документ); – предлагаемые средства защиты; – (сначала коллективной защиты, затем – индивидуальные защитные средства). 1.2. Анализ выявленных опасных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности: <ul style="list-style-type: none"> – механические опасности (источники, средства защиты); – термические опасности (источники, средства защиты); – электробезопасность (в т.ч. статическое электричество, молниезащита – источники, средства защиты); – пожаровзрывобезопасность (причины, профилактические мероприятия, первичные средства пожаротушения). 	<p style="text-align: center;">Возможные вредные производственные факторы:</p> <ul style="list-style-type: none"> - базальтовая пыль; - климатические условия; - освещенность; <p style="text-align: center;">Возможные опасные производственные факторы:</p> <ul style="list-style-type: none"> - работа подъемного оборудования; - работа на высоте; - опасность поражения электрическим током;
2. Экологическая безопасность: <ul style="list-style-type: none"> – защита селитебной зоны – анализ воздействия объекта на атмосферу (выбросы); – анализ воздействия объекта на гидросферу 	<ul style="list-style-type: none"> - Мин-плита П-175 содержит фенольные испарения; - Утилизация отходов;

(сбросы); – анализ воздействия объекта на литосферу (отходы); – разработать решения по обеспечению экологической безопасности со ссылками на НТД по охране окружающей среды.	
3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях: – перечень возможных ЧС при разработке и эксплуатации проектируемого решения; – выбор наиболее типичной ЧС; – разработка превентивных мер по предупреждению ЧС; – разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий.	Возможны ЧС техногенного характера: - производственные аварии; - пожары; Возможны ЧС природного характера: - сильный мороз, снегопад;
4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности: – специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.	Правила ПОТ РМ-012-2000 ГОСТТ 12.1.005-88 Основные требования безопасности при погрузочно-разгрузочных работ СНиПП-2-80. Противопожарные нормы проектирования зданий и сооружений. СНиП2.01.02-85 Противопожарные нормы. СНиПП-3-79* "Строительная теплотехника. Нормы проектирования". СНиПП-4-80* "Техника безопасности в строительстве". СНиПЗ.04.01-87 "Изоляционные и отделочные покрытия"

<i>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</i>	
---	--

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Гусельников М.Э.	к.т.н		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
35Б-13	Карапузов Д.Г.		

Реферат

ТЕПЛОВАЯ ЗАЩИТА ЗДАНИЯ, ПРИВЕДЕННОЕ СОПРОТИВЛЕНИЕ ТЕПЛОПЕРЕДАЧЕ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ, ТЕПЛОИЗОЛЯЦИЯ, ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ ПАСПОРТ.

Пояснительная записка выпускной квалификационной работы содержит 50 страниц, 5 таблиц, 3 приложения. Графическая часть выполнена на 3 листах формата A1. В пояснительной записке выполнены расчеты приведенного сопротивления теплопередаче, удельного расхода энергии системой отопления и других показателей энергоэффективности жилого шестиэтажного здания. Проведен анализ теплоэнергетических параметров жилого здания после утепления и составлены энергетические паспорта рассматриваемого жилого здания до и после проведения энергосберегающих мероприятий. Выполнен расчет тепловых потерь через наружные ограждающие поверхности.

Выпускная квалификационная работа выполнена в текстовом редакторе Microsoft Word 2010, графических редакторах AutoCAD 2010 и Компас 3D V9.

Содержание

	С.
Введение	9
1 Основы тепловой защиты	10
2 Требования по теплозащите жилого здания	12
3 Расчёт значений приведённого сопротивления теплопередаче для жилого шестиэтажного здания	15
4 Расчет удельного расхода тепловой энергии системой отопления жилого шестиэтажного здания	16
5 Предложения по тепловой изоляции здания	21
5.1 Базальтовая минеральная плита	21
5.2 Металлический сайдинг	26
5.3 Теплоизоляция из стеклянно-штапельного волокна «Hansol»	27
6 Расчёт приведённого сопротивления теплопередаче для жилого шестиэтажного здания с учетом тепловой изоляции	28
7 Теплоэнергетические параметры с учётом теплоизоляции	31
8 Заполнение энергетического паспорта жилого здания	36
9 Теплотери через наружные ограждающие конструкции	50
10 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	55
Список используемой литературы	68
Приложения	68
ФЮРА 140100.043.ГЧ Фасад здания	71
ФЮРА 140100.043.ГЧ Местоположение здания	72
ФЮРА 140100.043.ГЧ План здания	73

Введение

Главная и основная отрасль в России является строительство и экономическая благополучие в стране видна в запуске новых гражданских и промышленных объектов.

Строительная отрасль включило в себя основные инженерно-технологические системы; от проектирования до введения в эксплуатацию объекта, дающая большое количество рабочих мест, способствуя развитию применения новых технологий многих институтов в строительной сфере.

Приватизация жилья в нашей стране дало развитию форм товариществ собственников жилья ТСЖ, которые заинтересованы в малых расходах и затрат за эксплуатацию здания, в том числе, и на отопление. Плохая изоляция зданий принуждает собственников оплачивать огромные платежи за отопление. Применяя хороший качественный утеплитель позволит сэкономить до 40% тепловой энергии. Целесообразно вложения средств на утепление дома, иначе владельцам придётся отапливать не только свой дом, но и улицу.

Цель данной выпускной квалификационной работы состоит из анализа тепловой защиты жилого здания в г. Томск.

Задачами данной дипломной работы являются:

- Определение требуемого и расчетного удельных расходов тепловой энергии на систему отопления для жилого
- Расчёт основных теплоэнергетических параметров существующего жилого здания до и после проведения энергосберегающих мероприятий
- Разработка мероприятий для повышения энергоэффективности жилого здания
- Заполнение энергетических паспортов изучаемого здания предназначенного для жилья, до и после проведения энергосберегающих мероприятий

Оценка здания по категории энергетической эффективности.

Данное жилое шестиэтажное многоквартирное здание расположено в г. Томск. Кладка наружных стен изготовлена из кирпича, промежуточным слоем теплоизоляции является Базальтовая мин-вата. Окна с тройным остеклением являются важным элементом для энергосбережения, поскольку значительные тепло-потери идут с окон. Чердачная часть здания холодная. Система отопления здания, запитана от центральной системы отопления

1 Основы тепловой защиты

Ограждающими конструкциями здания называют внешние и внутренние стены, перегородки, чердачные покрытия, междуэтажные перекрытия, поля и заполнения проёмов – ворота, окна, двери. Ограждающие конструкции зданий изолируют помещения зданий от внешней среды. Через них происходит передача тепла, воздуха и влаги.

Общие потери тепла на ограждающие конструкции здания (до 80%), это значительная часть. Повышение теплозащитных свойств и снижение тепловых потерь ограждающих конструкций.

Региональные города разработали, утвердили в рамках своих административно-территориальных границ, строительные нормы, обеспечивая энерго-эффективность в архитектуре.

Строительные нормы (ТСН) по теплозащите жилых и общественных зданий были сделаны в Томской области, учитывая местную промышленность стройматериалов, систему теплоснабжения и типологии региональных проектных решений которые в свою очередь предписывают массово жилищно-гражданское строительство.

ТСН 23-316-2000 Томской области является для предоставления – рационального и местного применения и использования энергетических ресурсов за счет выбора равной степени теплозащиты здания с фиксированием эффективности систем теплоснабжения и отопления, и обеспечения микроклимата, рассматривая системы обеспечения здание и его системы обеспечения как единое целое.

В соответствии с данными нормами Томская область разделена на четыре климатические зоны.

Теплозащитные свойства здания считаются по строительными нормами СНиП II-3-79*учитывая среднюю температуру и продолжительность отопительного периода в районе строительства здания.

Как было сказано ранее наружные ограждающие конструкции (стены, кровля и окна) ограждают здание от влаги, ветра, солнечной радиации, низких температур. Образование температурной разности между наружной и внутренней поверхностями ограждения, возникает тепловой поток в материале, устремленный в сторону понижения температуры. Ограждение дает большее или меньшее сопротивление тепловому потоку. Строение с большим сопротивлением теплопередаче содержат хорошую теплозащиту.

Тепловая изоляция зависят от ширины этой стены и коэффициента теплопроводности материала, построенного материала. Стена содержит многослойную стенку, значит термическое сопротивление зависит от толщины и теплопроводности материала этой многослойной стенки. Тепловая изоляция ограждающих конструкций очень зависима от влажности материала. Многие строительные материалы по своим характеристикам являются мелкопористыми, в этих порах содержится воздух. С увеличением влажности

некоторые материалы впитывают в себя воду, замещая внутренние поры воздуха водой, увеличивая коэффициент теплопроводности в материалах.

При воздействиях наружной и внутренней среды на ограждающие конструкции, находящего материала в состоянии повышенной влажности и эксплуатации зданий.

Приводит к большому значению коэффициента теплопроводности материалов и понижению их теплозащитной способности. Оценивая теплоизолирующие свойства конструкций важно применить реальное значение коэффициента теплопроводности в эксплуатационных условиях, принятых в нормальных. Принято что, влагосодержание теплого воздуха внутри помещения выше, холодного наружного воздуха. Следовательно диффузия водных испарений через ширину ограждения постоянно идет из теплого помещения в холодное.

При использовании плотного материала с наружной стены, у которого пропускная способность паров воды плохая, способствует скапливания воды в толще стен.

Нужно использовать такой материал, который способен пропускать пары воды из стен.

При проектировании дома следует учитывать,

Возведение стен толщиной 450-650мм из принятых материалов:

Ячеистого бетона, керамзитоблоков, кирпича, керамических камней, пескоблоков, и так далее, дают сравнительно небольшую теплоизоляцию здания при однослойной стене.

Хорошими характеристиками являются трех-четырёхслойные ограждающие конструкции по тепло изоляции.

Толщина утеплителя зависит от климатических условий в районе строительства и вида утеплителя.

Утепление здания с уличной стороны обеспечивает равномерное и плавное понижения температуры по стене, крутое понижение температуры наблюдается ближе к наружной стороне, а зона отрицательных температур располагается в толще слоя дополнительной теплоизоляции.

Если произвести утепление стены с внутренней стороны ограждения стены, находящая в зоне климатических отрицательных условиях, при это нарушается пропускная способность паров воды из стены, образуя скопления конденсата между утеплителем и существующей стеной, которая приведет к обледенению поверхности при отрицательных температур наружного воздуха.

При внутреннем утеплении в местах примыкания к наружной стены и перекрытий, технически невозможно установить теплоизоляционный материал образуя 'мостики холода', и тепловые потери в этих местах будут выше чем потери в остальных местах стены.

При применении защиты от климатических воздействий (снега, дождя, ветра, солнечной радиации), сохраняя свои высокие теплозащитные качества, повышая свою пригодность и эффективность, качественный гарантийный срок.

2 Требования по теплозащите жилого здания

Проект здания разрабатывается на основе требуемой величины удельного расхода не только тепловой энергии лучистой на отопление проектируемого, которого можно привести к решению данного здания q_H^{req} , кДж/(м³ · °С · сут). Согласно таблице 3.6б ТСН 23-316-2000 требуемый удельный расход тепловой энергии на отопление жилых домов многоквартирных равен $q_H^{req} = 23 \frac{\text{кДж}}{\text{м}^2 \cdot \text{°С} \cdot \text{сут}}$ или $q_H^{req} = 30 \frac{\text{кДж}}{\text{м}^3 \cdot \text{°С} \cdot \text{сут}}$

Расчётный удельный (на 1 м² отапливаемой площади здания) расход предоставляющий кратный сводимый пример по тепловой энергии на отопление проектируемого здания q_H^{des} , кДж/(м³ · °С · сут) должен быть меньше или равен требуемому значению q_H^{req} , кДж/(м³ · °С · сут) , и определяется за счет значений полученных путем выбора теплозащитных свойств ограждающих конструкций здания и типа, эффективности проекта и метода регулирования в качестве используемой системы отопления до удовлетворения условия.

$$q_H^{req} \geq q_H^{des}.$$

Минимально допустимое сопротивление теплопередаче непрозрачных ограждающих конструкций R_0^{min} , м² · °С/Вт , соответствующее санитарно-гигиеническим и комфортным условиям, должно быть не менее значения, определяемого по формуле [2]

$$R_0^{min} = \frac{n \cdot (t_{int} - t_{ext})}{\Delta t_n \cdot \alpha_{int}} = \frac{1 \cdot (21 - (-40))}{4 \cdot 8,7} = 1,75 \text{ м}^2 \cdot \text{°С/Вт}.$$

Где t_{int} - расчетная температура внутреннего воздуха, °С, принимаемая по табл. 3.2. ТСН 23-316-2000;

t_{ext} - расчетная зимняя температура наружного воздуха, °С, равная средней температуре наиболее холодной пятидневки обеспеченностью 0,92 по табл. 3.1. ТСН 23-316-2000;

n - коэффициент, соотносимый от уличного воздуха по отношению наружной поверхности стены через ограждающую поверхность по табл. 3* СНиП II-3-79*;

Δt_n — нормативный перепад температур внутреннего воздуха и температурой внутренней ограждающей поверхности конструкции объекта, принимаемый по табл. 2* СНиП II-3-79* в зависимости от архитектурного вида здания и ограждающей конструкции;

α_{int} — коэффициент теплообмена внутренней поверхности ограждающей конструкции, Вт/м² · °С, принимаемый по табл.4* СНиП II-3-79*.

Требуемое сопротивление теплопередаче R_0^{req} ограждающих конструкций и наружных дверей жилых зданий следует принимать:

- Не менее 0,65 м² · °С/Вт для окон, балконных дверей и витражей;
- 0,81 м² · °С/Вт для глухой части балконных дверей;
- 0,54 м² · °С/Вт для входных дверей в квартиры, расположенных выше первого этажа;
- 1,2 м² · °С/Вт для дверей у входа в многоквартирные здания и квартиры, расположенные только на первых этажах многоэтажных зданий, а также ворот въезда на парковку торцевой части объекта ;
- 3,85 м² · °С/Вт для наружных стен;
- 5,7 м² · °С/Вт для покрытий и перекрытий над проездами;
- 5,05 м² · °С/Вт перекрытий чердачных, над холодными подпольями и подвалами.

Сопротивление применяемая в качестве расчетной единицы с уходящими от него газами применительно в случае перехода из первой фазы возникающего эффекта R_i применяемого во всех случаях, касательно всего

ненужного применения свободного q_H^{des} ен полученного, в примере схожести ,допустимого разрыва, между этими проходящими потоками .

Проникновение воздуха ограждающих конструкций зданий G_m^r должна быть не более нормативных значений G_m^{req} , указанных в табл.12* СНиП II-3-79*. Для наружных стен, перекрытий и покрытия жилых зданий и помещений $G_m^{req} = 0,5 \text{ кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{ч})$; оконных проемов и балконных проемов жилых зданий и помещений в деревянных рамах $G_m^{req} = 0,6 \text{ кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{ч})$.

Требуемое сопротивление проникающего воздуха ограждающих конструкций R_a^{req} определяется согласно СНиП II-3-79* и указаниям п.3.6.3 ТСН 23-316-2000.

3 Расчёт значений приведённого сопротивления теплопередаче для жилого шестиэтажного здания

По значениям коэффициентов теплопередачи ограждающих конструкций K , полученным из проекта здания находим приведенные сопротивления теплопередаче R соответствующих конструкций по формуле

$$R_i = \frac{1}{K_i},$$

где K_i - коэффициент теплопередачи ограждающей конструкции, Вт/м²·°С;

R_i - приведенное сопротивление теплопередаче ограждающей конструкции, м²·°С/Вт.

Таблица 1 - проектные значения показателей тепловой защиты здания

Наименование ограждения	Требуемое сопротивление теплопередаче R^{req} , м ² ·°С/Вт	Коэффициент теплопередачи K , Вт/м ² ·°С	Приведенное сопротивление теплопередаче R , м ² ·°С/Вт
Наружные стены	3,85	0,907	1,102
Покрытие	5,7	0,198	5,054
Окна	0,65	1,827	0,547
Входные двери	1,2	2,328	0,43
Наружные стены цокольного этажа	3,85	0,396	2,527

Как видно проектные значения приведенного сопротивления теплопередаче наружных стен, окон, входных дверей, стены цокольного этажа, расположенных ниже уровня земли и покрытия (пола цокольного этажа по грунту) не соответствуют требуемым по строительным нормам значениям.

Условие п. 5.3 СНиП 23-02-2003 по приведённому сопротивлению теплопередаче не выполняется.

4 Расчет удельного расхода тепловой энергии системой отопления жилого шестиэтажного здания

Расчётный удельный расход тепловой энергии системой отопления шестиэтажного здания $q_H^{des}, \frac{\text{кДж}}{\text{м}^3 \cdot ^\circ\text{C} \cdot \text{сут}}$, определяется по формуле

$$q_H^{des} = \frac{10^3 \cdot Q_H^y}{V_H \cdot D_d},$$

где Q_H^y – потребность в тепловой энергии на отопление здания в течение отопительного периода, МДж;

V_H – отапливаемый объем здания, м^3 ;

D_d – количество градусосуток отопительного периода.

Надобность в тепловой энергии на отопление здания в течение отопительного периода следует определять согласно п. 3.5.3 ТСН 23-316-2000. При регулировании автоматически теплоотдачи нагревательных приборов в системе отопления данного помещения:

$$Q_H^y = [Q_H - (Q_{int} + Q_s) \cdot v] \cdot \beta_H,$$

где Q_H – общие теплопотери здания через наружные ограждающие конструкции;

Q_{int} – бытовые теплопоступления в течение отопительного периода, МДж;

Q_s – теплопоступления через окна от солнечной радиации в течение отопительного периода, МДж;

v – коэффициент, по своим физическим свойствам аккумулирует тепло внутри помещения или передавать его другому телу в этом помещении; рекомендуемое значение $v = 0,8$ [1];

β_H – коэффициент, который задается на тепловые потери через за радиаторные участки над оконными проемами и радиаторными участками, а также в местах трубопроводов, проходящих через неотапливаемые помещений здания башенного типа;

$$\beta_H = 1,11 [1].$$

Общие теплотери здания через наружные ограждающие конструкции определяются по следующей формуле 3.8 [1]:

$$Q_H = 0,0864 \cdot K_m \cdot D_d \cdot A_e^{\text{sum}},$$

Где A_e^{sum} – общая площадь наружных ограждающих конструкций, включая покрытие (перекрытие) верхнего этажа и перекрытие пола нижнего отапливаемого помещения

K_m – общий коэффициент теплопередачи здания, Вт/(м² · °С):

$$K_m = K_m^{\text{tr}} + K_m^{\text{inf}},$$

Где K_m^{tr} – приведенный трансмиссионный коэффициент теплопередачи здания, Вт/(м² · °С);

K_m^{inf} – приведенный инфильтрационный (условный) коэффициент теплопередачи здания, Вт/(м² · °С).

Приведенный трансмиссионный коэффициент теплопередачи здания, Вт/(м² · °С);

$$K_m^{\text{tr}} = \frac{\beta \left(\frac{A_w}{R_w^r} + \frac{A_F}{R_F^r} + \frac{A_{ed}}{R_{ed}^r} + n \cdot \frac{A_c}{R_c^r} + \frac{A_f^I}{R_f^I} + \frac{A_f^{II}}{R_f^{II}} + \frac{A_f^{III}}{R_f^{III}} + \frac{A_f^{IV}}{R_f^{IV}} \right)}{A_e^{\text{sum}}},$$

где $A_w, A_F, A_{ed}, A_c, A_f^I, A_f^{II}, A_f^{III}, A_f^{IV}$ – площади стен, окон, наружных дверей, чердачных перекрытий, зон полов по грунту, м²;

$R_w^r, R_F^r, R_{ed}^r, R_c^r, R_f^I, R_f^{II}, R_f^{III}, R_f^{IV}$ – проектные данные сопротивления теплопередаче стен, окон, наружных дверей, чердачных перекрытий, полов по грунту исходя из разбиения их на зоны со значениями сопротивления теплопередаче согласно прил. 9 СНиП 2.04.05-91 для неутепленных полов, (м² · °С)/Вт;

$$n=1;$$

Для жилых зданий $\beta = 1,13$.

$$K_m^{tr} = \frac{1,13 \cdot \left(\frac{1694,2}{1,102} + \frac{315,2}{0,547} + \frac{24,6}{0,43} + 1 \cdot \frac{347,4}{5,054} + \frac{219,6}{2,1} + \frac{185,74}{4,3} + \frac{128,39}{8,6} + \frac{90}{14,2} \right)}{2996,1} = 0,908 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{С}}.$$

Приведенный инфильтрационный коэффициент теплопередачи здания, Вт/(м² · °С):

$$K_m^{inf} = \frac{0,28 \cdot c \cdot n_a \cdot \beta_v \cdot V_H \cdot \gamma_a^{Ht} \cdot k}{A_e^{sum}},$$

Где c — удельная теплоёмкость воздуха, равная 1 кДж/(кг · °С);

n_a — средняя кратность воздухообмена здания за отопительный период, 1/ч, принимаемая по нормам проектирования для жилых зданий, исходя из удельного нормативного расхода воздуха 3 м³/ч на 1 м² жилых помещений и кухонь;

$$n_a = \frac{3 \cdot A_I}{\beta_v \cdot V_H} = \frac{3 \cdot 927}{0,85 \cdot 7303} = 0,448 \frac{1}{\text{ч}},$$

Где V_H — отапливаемый объем;

A_I — площадь жилых помещений и кухонь, м²; $A_I = 927 \text{ м}^2$;

β_v — коэффициент = 0,85;

γ_a^{Ht} — средняя плотность наружного воздуха за отопительный период, кг/м³;

$$\gamma_a^{Ht} = \frac{353}{(273 + t_{ext}^{av})} = \frac{353}{273 - 8,4} = 1,334 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3},$$

где t_{ext}^{av} — средняя температура наружного воздуха за отопительный период, °С, определяемая по табл. 3.1 ТСН 23-316-2000: $t_{ext}^{av} = -8,4$ °С.

k — коэффициент = 0,7. Для стыков панелей стен и окон с тройными переплётками;

$$K_m^{inf} = \frac{0,28 \cdot 1 \cdot 0,448 \cdot 0,85 \cdot 7303 \cdot 1,334 \cdot 0,7}{2996,1} = 0,24 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{С}}.$$

Следовательно, общий коэффициент теплопередачи здания будет равен

$$K_m = 0,908 + 0,24 = 1,148 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}}.$$

Таким образом, общие теплопотери здания через наружные ограждающие конструкции составят

$$Q_H = 0,0864 \cdot 1,148 \cdot 6938 \cdot 2996,1 = 2061798,6 \text{ МДж}.$$

Бытовые теплопоступления в течение отопительного периода определяются по формуле

$$Q_{\text{int}} = 0,0864 \cdot q_{\text{int}} \cdot z_{\text{Ht}} \cdot A_I,$$

где q_{int} — величина бытовых теплопоступлений на 1 м^2 полезной площади здания, Вт/м^2 , принимаемая для жилых зданий не меньше 10 Вт/м^2 ;

z_{Ht} — среднее продолжительность отопительного периода, сут., принимаемая по табл. 3.3 ТСН 23-316-2000: $z_{\text{Ht}} = 236$ сут;

Следовательно, бытовые теплопоступления в течение отопительного периода составят

$$Q_{\text{int}} = 0,0864 \cdot 10 \cdot 236 \cdot 927 = 189019 \text{ МДж}.$$

Теплопоступления через окна от солнечной радиации в течение отопительного периода, МДж, для четырех фасадов зданий, ориентированных по четырем направлениям, рассчитываются по формуле (3.15) ТСН 23-316-2000:

$$Q_s = \tau_F \cdot k_F (A_{F1} \cdot I_1 + A_{F2} \cdot I_2 + A_{F3} \cdot I_3 + A_{F4} \cdot I_4),$$

где τ_F — коэффициент = 0,5 [1, Табл.3.7];

k_F — коэффициент = 0,83. [1, Табл.3.8];

$A_{F1}, A_{F2}, A_{F3}, A_{F4}$ — площади светопроёмов фасадов здания, соответственно ориентированных по четырём направлениям, м^2 ;

$$A_{F1} = 91,8 \text{ м}^2, A_{F2} = 37,6 \text{ м}^2, A_{F3} = 37,1 \text{ м}^2, A_{F4} = 148,7 \text{ м}^2;$$

I_1, I_2, I_3, I_4 — средняя за отопительный период величина солнечной радиации на вертикальные поверхности при условии облачности, соответственно ориентированные по четырем фасадам здания, МДж/м^2 , принимается по табл. 3.4 ТСН 23-316-2000.

Следовательно, теплоступления через окна от солнечной радиации в течение отопительного периода составят

$$Q_s = 0,5 \cdot 0,83 \cdot (91,8 \cdot 832 + 37,6 \cdot 1285 + 37,1 \cdot 1285 + 148,7 \cdot 2041) = 197483,5 \text{ МДж.}$$

Потребность в тепловой энергии на отопление здания в течение отопительного периода составит:

$$Q_H^y = [2061798,6 - (189019 + 197483,5) \cdot 0,8] \cdot 1,11 = 1945382,2 \text{ МДж.}$$

Тогда расчётный удельный расход тепловой энергии системой отопления здания равен:

$$q_H^{des} = \frac{10^3 \cdot 1945382,2}{7303 \cdot 6938} = 38,4 \frac{\text{кДж}}{\text{м}^3 \cdot ^\circ\text{C} \cdot \text{сут}} > 30 \frac{\text{кДж}}{\text{м}^3 \cdot ^\circ\text{C} \cdot \text{сут}}$$

Полученное значение предельно допустимых отклонение от главной проходящей значение, расчётного удельного расхода тепловой энергии на отопление здания больше требуемого удельного расхода тепловой энергии системой отопления проектируемого здания.

Делаем вывод, что проект здания не соответствует нормам и нуждается в теплозащите периметра стен .

5 Предложения по тепловой изоляции здания

Исходя из результатов расчета параметров энергоэффективности и заполнения энергетического паспорта здания, предлагается тепловая изоляция ограждающих конструкций, сопротивление теплопроводности которых не соответствует нормативному: наружные стены, стены цокольного этажа, расположенных ниже уровня земли и покрытие пола цокольного этажа по грунту.

Для теплоизоляции наружных стен предлагается использовать базальтовую вату. В качестве облицовочного слоя предлагается металлический сайдинг. Утепление пола возможно выполнить с применением теплоизоляции из стеклянно-штапельного волокна «Hansol» М-12.

5.1 Базальтовая минеральная плита

Базальтовые теплоизоляционные плиты П-175 используют в гражданском и промышленном строительстве. Мин-плиты П-175 широко используются в теплоизоляции жилищных конструкций, к последним относятся стеновые панели, перекрытия «колодец» и многослойные кровельные перекрытия, а также каркасные конструкции для ограждений.

Являясь разновидностью минеральной ваты, этот утеплитель также называют базальтовой или каменной ватой, которая является безопасной для человека и природы. Ко всему прочему, данный утеплитель также превосходит по прочности другие типы минеральной ваты, легче режется и монтируется, дольше служит и более экологически чистый.

Базальтовая вата представляет собой стекловолокно из базальта. Основу базальтовой ваты составляют расплавленные породы габбро-базальта в виде тонких волокон. Впервые этот материал был замечен гавайцами, когда в остатках лавы действующего вулкана были найдены длинные и прочные

волокна. Позднее люди смогли воспроизвести их, создав производство базальтовых волокон.

Для создания базальта (вулканической породы) в производственных условиях необходимо измельчить и расплавить горную породу. Температура в плавильной печи должна быть не менее 1500 градусов. Затем, расплавленный базальт направляется на специальные барабаны, где вращается и обдувается воздушной струей. В результате, получаются волокна толщиной не более 7 микрон и длиной не более 5 сантиметров. Для прочности и упругости добавляется особый состав для связывания. После этого, вата нагревается до 300 градусов и пропускается 2 раза через пресс.

Базальтовые минеральные плиты обладают следующими свойствами, которые являются одновременно и преимуществами. Рассмотрим следующие свойства минплит П-175: 1) высокая эластичность и малый вес; 2) хороший уровень прочности и упругости на разрыв или сжатие; 3) высокие теплозащитные свойства при сравнительно малом значении коэффициента теплопроводности (около 0,04 Вт/м*К); 4) шумоизоляция; 5) пожарозащитные свойства; 6) практичность, высокая сопротивляемость механическим воздействиям в процессе монтажных и строительных работ; 7) долговечность проявляется в устойчивости к органическим веществам и к деформациям благодаря волокнистой структуре; 8) низкий уровень влагопоглощения (не более 1,5 % по объему); 9) высокая паропроницаемость (около 0,3 мг/(м·ч·Па)); 10) экологичность материала.

Таблица 5.1 Технические характеристики

Показатель минеральной плиты П-175	ГОСТ 9573-96
Температура применения, t°С	до +400
Плотность, гр/м ³	75 до 125
Теплопроводность Вт/мК, при t +20°С, не более	0.049
Влажность, % не более	1
Содержание органических веществ, % по массе	4.0
Предел прочности при растяжении, МПа не менее	-
Сжимаемость, % не более	12

Сжимаемость после сорбционного увлажнения, % не более	16
Прочность на сжатие при 10% деформации, МПа не менее	-
Прочность на сжатие при 10% деформации, после выдержки над кипящей водой, МПа не менее	-
Прочность на сжатие при 10% деформации, после сорбционного увлажнения, МПа не менее	-
Водопоглощение, % не более	1,5.

Теперь рассмотрим выше перечисленные свойства базальтовых минеральных плит П-175 более подробно.

Благодаря высокой эластичности и малому весу установка минплит делается легкой и удобной.

Хороший уровень прочности и упругости на разрыв или сжатие позволяют в местах примыкания к каркасу и стыках плит не образовывать зазоры, которые могут вызвать утечку тепла и конденсацию влаги.

Высокие теплозащитные свойства обусловлены тем, что волокна в базальтовом утеплителе не имеют строгой ориентации. Они расположены хаотично, поэтому структура вещества получается воздушной. А многослойность воздуха между тоненькими каменными волокнами является отличным теплоизолятором. Поэтому коэффициент теплопроводности у данного материала незначительный, около 0,04 Вт/м*К. В качестве сравнения, теплопроводность 10 см базальтовых мин-плит равнозначна 1 метру кирпичной кладки.

Хорошие акустические свойства базальтовой ваты проявляются в высоком уровне шумоизоляции. Данный утеплитель способен приглушать и поглощать звуковые волны, идущие внутри стен, тем самым хорошо изолируя помещение от внешних шумов.

Благодаря высоким пожарозащитным свойствам (НПБ 244-97), базальтовая вата, согласно требованиям пожарной безопасности (ГОСТ 30244 и СНиП 21-01-97), относится к группе негорючих строительных материалов. Более того, она также способна противостоять открытому огню, т.к.

максимальная температура выдержки составляет 1114°C. Соответственно, базальтовый утеплитель можно применять для изоляции не только зданий и сооружений, но и для изоляции приборов, работающих при высоких температурах

Практичность, высокая сопротивляемость механическим воздействиям заключается в прочности данной минеральной ваты. Волокна базальта расположены случайным образом, часть из которых находится в вертикальном положении. Благодаря этому, даже не очень плотная базальтовая вата способна выдерживать большие нагрузки. Так, при 10% деформации каменная вата имеет пределы прочности на сжатие 5 – 80 кПа. Соответственно, базальтовая вата в качестве теплоизолятора долговременна в эксплуатации, не меняя своей формы и размеров за весь период использования.

Следующее преимущество каменной ваты – это её долговечность. Она проявляется в устойчивости к органическим веществам и к деформациям благодаря своей волокнистой структуре. Если говорить об органических веществах, то базальтовая вата устойчива к поражению ржавчины, плесневых грибов, процессам гниения и других вредных микроорганизмов. Под устойчивостью к деформациям понимается стойкость к воздействию мелких грызунов, что позволяет использовать данный утеплитель для изоляции технических сооружений в сложных условиях.

Базальтовая вата обладает свойством гидрофобности – низкий уровень влагопоглощения (не более 1,5 % по объему). Вода не проникает внутрь материала, а обтекает его, т.к. волокна базальтовой ваты в процессе производства пропитываются специальными маслами, сохраняя при этом теплоизоляционные свойства. Поэтому для утепления влажного помещения, например, сауны, лучше брать не обычную стекловату, а базальтовую.

Базальтовое волокно имеет отличную паропроницаемость. Влага, которая содержится в воздухе, легко проникает сквозь слой утеплителя, при этом не образуя внутри него конденсата. Данное свойство является важным фактором при строительстве бани или сауны. Базальтовая вата не намокает и

одновременно сохраняет тепло. Поэтому в помещениях, изолированных этим материалом, сохраняется комфортный и оптимальный температурный и влажный режим. Паропроницаемость составляет около 0,3 мг/(м·ч·Па).

Базальтовая вата является экологическим материалом и не выделяет токсичных веществ, т.к. делается из натурального сырья – минерала базальта. Формальдегидная смола соединяет его волокна, за счет этого материал становится прочнее. Несмотря на то, что на стадии изготовления этого минерального утеплителя выделяются фенольные испарения, они меньше допустимого предела в 0,05 мг на м²/ч. В отличие от стекловаты, базальтовые волокна не раздражают кожу, не колются и не вызывают аллергии.

Благодаря перечисленным преимуществам, базальтовая вата получила широкое применение в строительстве и реконструкции объектов гражданского и промышленного назначения.

Несмотря на огромные преимущества базальтового утеплителя над другими материалами, следует упомянуть также и о его недостатках: 1) дорогостоящий материал, поэтому доступен не каждому; 2) недостаточная герметичность утеплителя из-за наличия швов в местах его соединения; 3) хрупкость материала в процессе монтажа (могут откалываться небольшие кусочки) способствует появлению мелкой базальтовой пыли, для устранения которой покрывают поверхность каменной ваты слоем гидроизоляционной мембраны;

Тем не менее, перечислим в каких сооружениях может использоваться базальтовый утеплитель благодаря своим уникальным характеристикам: 1) помещения с высокой влажностью (сауны, бани); 2) фасады навесного вентилируемого типа, «мокрые» фасады); 3) стены из сэндвич панелей и выполненные с помощью слоистой кладки; 4) корабельные конструкции; 5) трубопроводы разного типа (температура поверхности – 120°C + 1000°C); 6) жесткие маты для монтажных и эксплуатационных работ; 7) утепление вентиляционных труб, строительных конструкций, вентилируемых фасадов, стен, перегородок, крыш, перекрытий.

Таблица 5.2 - Сравнение Базальтовой минеральной плитой с традиционными теплоизоляторами

Теплоизолятор	Степень плотности, кг/м ³	Коэффициент теплопроводности, Вт/м*К	Пористость	Срок экпл., лет	Диапазон рабочих температур
Базальтовая минеральная вата	55-175	0,032 -0,048	Открытая	5	-60.+450°C
Жесткий пенополиуретан	40-160	0,019-0,040	Закрытая	30	-200. +150°C
Пробковая плита	220-240	0,050-0,060	Закрытая	3	-30.+90°C
Пенобетон	250-400	0,145-0,160	Открытая	10	-30.+120°C

В результате, следует отметить, что базальтовый утеплитель может применяться практически во всех строительных конструкциях.

5.2 Металлический сайдинг

Металлический сайдинг облицовочный материал для фасадов зданий любых категорий, появился совершенно недавно в строительных оптовых отделах продаж

Формат у Сайдинга различный, он производится в виде кассет, реек, панелей, и монтаж производится путем наружного крепления на каркас саморезами, с припуском для температурного расширения. Этот фасадный материал можно очень гармонично вписывать в общий интерьер ландшафтного дизайна обустройстве территории.

В процессе эксплуатации и обслуживания, этот материал показал себя с благоприятной стороны : он не токсичен; к погодным условиям устойчив; коррозионно устойчив; не выгорает на солнце; имеет широкую цветовую палитру .

Преимущества металлического сайдинга и стеновых панелей:

- Не горючи.

- Высокая стойкость перепадов температур.
- Монтаж ведется круглогодично.
- Низкие температуры он переносит хорошо.
- Устойчив к термическим расширениям.
- Внешний облик фасада показывая и обеспечивая скрытое крепление под внутренней части.
- По своим свойствам и критериям он пожаробезопасен.
- Являются хорошей альтернативой при выборе вариантов для наружного утепления здания.

5.3 Теплоизоляция из стеклянно-штапельного волокна «Hansol»

Утеплитель «Hansol» расфасовывается в матах, который в свою очередь удобен при укладке в качестве изоляции на стропильные части крыши, в промежутки стен и полов перекрытий любых зданий требующие утепление. Данный утеплитель, по своим характеристикам и свойствам, не уступает аналогичной продукции других фирм, обладая при этом более привлекательной ценой.

Области применения:

- Ровные пологие крыши.
- Полы по лагам, полы на основания грунта.
- Теплоизоляция трубопроводов, звукоизоляция воздуховодов.
- Изоляция перегородок.

Технические характеристики:

- Плотность материала – 12 кг/м^3
- Теплопроводность – $0,038 \text{ Вт/м} \cdot \text{К}$
- Паропроницаемость – $0,55 \text{ мг/м чПа}$
- Сжимаемость материала под удельной нагрузкой 2 кПа - 80%
- Группа горючести по ГОСТу 30244: НГ

6 Расчёт приведённого сопротивления теплопередаче для жилого шестиэтажного здания с учетом тепловой изоляции

Расчет приведенного сопротивления теплопередаче наружных стен проводится на основе данных о структуре кладки стен взятых из проектных документов.

Приведенное сопротивление теплопередаче стен, выполненных из кирпича R_w^r , определяются по формуле

$$R_w^r = \frac{1}{\alpha_B} + R_K + \frac{1}{\alpha_H};$$

Где α_B — коэффициент отдачи свою теплоотдачи внутренней поверхности ограждающих конструкций, принимаемый по табл. 4* СНиП II-3-79*: $\alpha_B = 8,7 \text{ Вт/м}^2 \cdot ^\circ\text{C}$;

R_K — термическое конкретное сопротивление ограждающей конструкции, $\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C/Вт}$, определяемое для многослойной стенки в соответствии с пп. 2.7 и 2.8 СНиП II-3-79*;

Таблица 6 - Характеристики слоёв ограждающей конструкции

Материал	Толщина, мм	Тепло- проводность, Вт/(м•°C)	Термическое сопротивление, м ² •°C/Вт
базальтовой ваты (при плотности 65 кг/м ³)	100	0,04	1,75
кирпич	250	0,81	0,308
Маты минераловатные	100	0,07	1,429
кирпич	250	0,81	0,308
цементно-песчаный раствор	15	0,93	0,02

α_H – коэффициент теплоотдачи (для зимних условий) наружной поверхности ограждающей конструкции Вт/(м °С), принимаемый по табл. 6* СНиП II-3-79*: $\alpha_H = 23 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{°С}$;

Термическое сопротивление каждого слоя многослойной ограждающей конструкции является отношением толщины каждого слоя к его теплопроводности (см. таблицу 6).

Толщина изоляции из базальтовой ваты $\delta_{бв}$ принята ориентировочно, исходя из требования превышения сопротивления теплопередаче стены требуемого по нормам значения.

Термическое сопротивление R_K ограждающей конструкции, которая располагается последовательно с однородными слоями, следует определять как сумму термических сопротивлений отдельных слоев каждого по отдельности:

$$R_K = 2 \cdot \frac{\delta_K}{\lambda_K} + \frac{\delta_{шт}}{\lambda_{шт}} + \frac{\delta_{бв}}{\lambda_{бв}};$$

Где $\delta_K, \delta_{шт}, \delta_{бв}$ – толщина слоев кирпича, штукатурки, минераловаты, базальтовой ваты теплоизоляционных материалов соответственно: $\delta_K = 250 \text{ мм}$; $\delta_{шт} = 15 \text{ мм}$; $\delta_{бв} = 100 \text{ мм}$.

$\lambda_K, \lambda_{шт}, \lambda_{бв}$ – расчетный коэффициент теплопроводности материала слоя, Вт/(м °С), принимаемый по прил. 3* СНиП II-3-79* с учетом условий эксплуатации Б: $\lambda_K = 0,81 \text{ Вт/(м °С)}$; $\lambda_{шт} = 0,93 \text{ Вт/(м °С)}$; $\lambda_{бв} = 0,07 \text{ Вт/(м °С)}$;

$$R_K = 2 \cdot \frac{0,250}{0,81} + \frac{0,1}{0,07} + \frac{0,015}{0,93} + \frac{0,1}{0,04} = 3,812 \text{ м}^2 \cdot \text{°С/Вт}.$$

Следовательно, приведенное сопротивление теплопередаче стен R_w^r составит

$$R_w^r = \frac{1}{8,7} + 3,812 + \frac{1}{23} = 3,97 \text{ м}^2 \cdot \text{°С/Вт}.$$

Полученное значение приведенного сопротивления теплопередаче стен R_w^r выше требуемого значения $R_w^{req} = 3,85 \text{ м}^2 \cdot \text{°С/Вт}$.

Условие п. 3.4.2 ТСН 23-316-2000 по приведённому сопротивлению теплопередаче наружных стен выполняется при данных условиях расчета.

Теплопередача сопротивления оконных проемов закладываем значением $R_F^r = 0,55 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$; для тройного остекления в деревянных или пластмассовых рамных профилях; СНиП II-3-79*, Прил.6.

Приведенное сопротивление теплопередаче наружных дверей принимается равным требуемому $R_{ed}^r = R_{ed}^{req} = 1,2 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$.

Теплопередача сопротивления покрытия пола цокольного этажа находится суммой значений существующего покрытия пола и сопротивления теплопередаче предлагаемого слоя теплоизоляции:

$$R_f^r = R_f + \frac{\delta_{\text{и}}}{\lambda_{\text{и}}} = 5,054 + \frac{0,05}{0,038} = 6,37 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}.$$

где R_f – проектное сопротивление теплопередаче покрытия пола цокольного этажа;

$\delta_{\text{и}}$ – толщина слоя тепловой изоляции, $\delta_{\text{и}} = 50 \text{ мм}$;

$\lambda_{\text{и}}$ – коэффициент теплопроводности слоя теплоизоляционного материала, $\lambda_{\text{и}} = 0,038 \text{ Вт}/\text{м} \cdot \text{К}$.

Толщина слоя тепловой изоляции подбиралась по соображениям удобства монтажа при использовании существующих теплоизоляционных материалов (плит) и прежде всего по ориентировочной оценке необходимого повышения сопротивления теплопередаче зон пола по грунту, т.к. высокое значение теплопередачи покрытия пола цокольного этажа существенно повышает приведенный трансмиссионный коэффициент теплопередачи здания, а следовательно снижает энергоэффективность всего здания.

Полученное значение приведенного сопротивления теплопередаче R_f^r выше требуемого значения $R_w^{req} = 5,7 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$.

Условие п. 3.4.2 ТСН 23-316-2000 по приведённому сопротивлению теплопередаче покрытия выполняется.

7 Теплоэнергетические параметры с учётом теплоизоляции

Расчётный удельный расход тепловой энергии системой отопления шестиэтажного здания $q_H^{\text{des}}, \frac{\text{кДж}}{\text{м}^3 \cdot ^\circ\text{C} \cdot \text{сут}}$, определяется по формуле

$$q_H^{\text{des}} = \frac{10^3 \cdot Q_H^y}{V_H \cdot D_d}$$

где Q_H^y – потребность в тепловой энергии на отопление здания в течение отопительного периода, МДж;

V_H – отапливаемый объем здания, м^3 ;

D_d – количество градусосуток отопительного периода.

Потребление тепла в период отопительного сезона следует определять согласно п. 3.5.3 ТСН 23-316-2000. При автоматическом регулировании теплоотдачи нагревательных приборов в системе отопления:

$$Q_H^y = [Q_H - (Q_{\text{int}} + Q_s) \cdot v] \cdot \beta_H,$$

где Q_H – общие теплопотери здания через наружные ограждающие конструкции;

Q_{int} – бытовые теплопоступления в течение отопительного периода, МДж;

Q_s – теплопоступления через окна от солнечной радиации в течение отопительного периода, МДж;

v – коэффициент равный 0,8 [1];

β_H – коэффициент равный 1,11 [1].

Общие теплопотери здания через наружные ограждающие конструкции определяются по следующей формуле 3.8 [1]:

$$Q_H = 0,0864 \cdot K_m \cdot D_d \cdot A_e^{\text{sum}}$$

Где A_e^{sum} – общая площадь наружных ограждающих конструкций, включая покрытие (перекрытие) верхнего этажа и перекрытие пола нижнего отапливаемого помещения

K_m – общий коэффициент теплопередачи здания, $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$:

$$K_m = K_m^{tr} + K_m^{inf}$$

K_m^{tr} – приведенный трансмиссионный коэффициент теплопередачи здания, Вт/(м² · °С);

K_m^{inf} – введенный инфильтрационный (условный) коэффициент теплопередачи здания, Вт/(м² · °С).

Приведенный трансмиссионный коэффициент теплопередачи здания, Вт/(м² · °С);

$$K_m^{tr} = \frac{\beta \left(\frac{A_w}{R_w^r} + \frac{A_F}{R_F^r} + \frac{A_{ed}}{R_{ed}^r} + n \cdot \frac{A_c}{R_c^r} + \frac{A_f^I}{R_f^{Iy}} + \frac{A_f^{II}}{R_f^{IIy}} + \frac{A_f^{III}}{R_f^{IIIy}} + \frac{A_f^{IV}}{R_f^{IVy}} \right)}{A_e^{sum}},$$

где $A_w, A_F, A_{ed}, A_c, A_f^I, A_f^{II}, A_f^{III}, A_f^{IV}$ – площади соответственно стен, окон, наружных дверей, чердачных перекрытий, зон полов по грунту, м²;

$R_w^r, R_F^r, R_{ed}^r, R_c^r, R_f^I, R_f^{II}, R_f^{III}, R_f^{IV}$ – проектные приведенные сопротивления теплопередаче соответственно стен, окон, наружных дверей, чердачных перекрытий, полов по грунту исходя из разбиения их на зоны со значениями сопротивления теплопередаче согласно прил. 9 СНиП 2.04.05-91 для утепленных полов: $R_f^{ny} = R_f^n + \frac{\delta_{и}}{\lambda_{и}} = R_f^n + 1,316$, (м² · °С)/Вт;

n – коэффициент, принимаемый в зависимости от положения наружной поверхности ограждающих конструкций по отношению к наружному воздуху по табл. 3* СНиП II-3-79: $n=1$;

β – коэффициент равный 1,13.

$$K_m^{tr} = \frac{1,13 \cdot \left(\frac{1694,2}{3,97} + \frac{315,2}{0,55} + \frac{24,6}{1,2} + 1 \cdot \frac{347,4}{5,054} + \frac{219,6}{3,416} + \frac{185,74}{5,616} + \frac{128,39}{9,916} + \frac{90}{15,516} \right)}{2996,1} = 0,455 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{°С}}.$$

Приведенный инфильтрационный коэффициент теплопередачи здания, Вт/(м² · °С):

$$K_m^{inf} = \frac{0,28 \cdot c \cdot n_a \cdot \beta_v \cdot V_H \cdot \gamma_a^{Ht} \cdot k}{A_e^{sum}}$$

n_a – средняя кратность воздухообмена здания за отопительный период, 1/ч, принимаемая по нормам проектирования для жилых зданий, исходя из удельного нормативного расхода воздуха 3м³/ч на 1 м² жилых помещений и кухонь;

$$n_a = \frac{3 \cdot A_I}{\beta_v \cdot V_H} = \frac{3 \cdot 927}{0,85 \cdot 7303} = 0,448 \frac{1}{ч};$$

Где V_H – отапливаемый объем;

A_I – площадь жилых помещений и кухонь, м²; $A_I = 927\text{м}^2$;

β_v – коэффициент снижения объёма воздуха в здании, учитывающий наличие внутренних ограждающих конструкций, $\beta_v = 0,85$;

γ_a^{Ht} – средняя плотность наружного воздуха за отопительный период, кг/м³;

$$\gamma_a^{\text{Ht}} = \frac{353}{(273 + t_{\text{ext}}^{\text{av}})} = \frac{353}{273 - 8,4} = 1,334 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3},$$

где $t_{\text{ext}}^{\text{av}}$ – средняя температура наружного воздуха за отопительный период, °С, определяемая по табл. 3.1 ТСН 23-316-2000: $t_{\text{ext}}^{\text{av}} = -8,4$ °С.

k – коэффициент учёта влияния встречного теплового потока в конструкциях, равный 0,7 для стыков панелей стен и окон с тройными переплётами;

$$K_m^{\text{inf}} = \frac{0,28 \cdot 1 \cdot 0,448 \cdot 0,85 \cdot 7303 \cdot 1,334 \cdot 0,7}{2996,1} = 0,24 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}}.$$

Следовательно, общий коэффициент теплопередачи здания будет равен

$$K_m = 0,455 + 0,24 = 0,695 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}}.$$

Таким образом, общие тепловые потери здания через наружные ограждающие конструкции составят

$$Q_H = 0,0864 \cdot 0,695 \cdot 6938 \cdot 2996,1 = 1248214,3 \text{ МДж}.$$

Бытовые теплопоступления в течение отопительного периода

определяются по формуле

$$Q_{\text{int}} = 0,0864 \cdot q_{\text{int}} \cdot z_{\text{Ht}} \cdot A_{\text{I}},$$

где q_{int} — величина бытовых теплопоступлений на 1 м^2 полезной площади здания, Вт/м^2 , принимаемая для жилых зданий не меньше 10 Вт/м^2 ;

z_{Ht} — средняя продолжительность отопительного периода, сут., принимаемая по табл. 3.3 ТСН 23-316-2000: $z_{\text{Ht}} = 236$ сут;

Следовательно, бытовые теплопоступления в течение отопительного периода составят

$$Q_{\text{int}} = 0,0864 \cdot 10 \cdot 236 \cdot 927 = 189019 \text{ МДж.}$$

Поступления солнечной радиации через оконные проемы в период отопительного периода, МДж, для четырех сторон зданий, ориентированных по четырем направлениям, рассчитываются по формуле (3.15) ТСН 23-316-2000:

$$Q_{\text{S}} = \tau_{\text{F}} \cdot k_{\text{F}} (A_{\text{F1}} \cdot I_1 + A_{\text{F2}} \cdot I_2 + A_{\text{F3}} \cdot I_3 + A_{\text{F4}} \cdot I_4)$$

где τ_{F} — коэффициент, рассмотренный учитывающий недостаток света оконных проемов не пропускающими элементами заполнения; для деревянных раздельно-спаренных переплетов $\tau_{\text{F}} = 0,5$ [1, Табл.3.7];

k_{F} — коэффициент относительного проникания солнечной радиации для светопропускающих заполнений окон; для трех ниток остекления из обычного стекла $k_{\text{F}} = 0,83$. [1, Табл.3.8];

$A_{\text{F1}}, A_{\text{F2}}, A_{\text{F3}}, A_{\text{F4}}$ — площади светопроёмов фасадов здания, соответственно ориентированных по четырём направлениям, м^2 ;

$$A_{\text{F1}} = 91,8 \text{ м}^2,$$

$$A_{\text{F2}} = 37,6 \text{ м}^2,$$

$$A_{\text{F3}} = 37,1 \text{ м}^2,$$

$$A_{\text{F4}} = 148,7 \text{ м}^2;$$

I_1, I_2, I_3, I_4 — средняя за отопительный период величина солнечной радиации на вертикальные поверхности при условии облачности, значит направленность по четырем фасадам здания, МДж/м^2 , принимается по табл. 3.4 ТСН 23-316-2000.

Значит, теплоступления через оконные проемы от солнечной радиации в течение отопительного периода составят

$$Q_s = 0,5 \cdot 0,83 \cdot (91,8 \cdot 832 + 37,6 \cdot 1285 + 37,1 \cdot 1285 + 148,7 \cdot 2041) = 197383,5 \text{ МДж.}$$

Необходимость в тепловой энергии на отопление здания в течение отопительного периода составит:

$$Q_H^y = [1248214,3 - (189019 + 198486,43) \cdot 0,8] \cdot 1,11 = 1042303,6 \text{ МДж.}$$

Поэтому расчётный удельный расход тепловой энергии системой отопления здания равен:

$$q_H^{\text{des}} = \frac{10^3 \cdot 1042303,6}{7303 \cdot 6938} = 20,57 \frac{\text{кДж}}{\text{м}^3 \cdot ^\circ\text{C} \cdot \text{сут}} < 30 \frac{\text{кДж}}{\text{м}^3 \cdot ^\circ\text{C} \cdot \text{сут}}$$

Решенное нами значение расчётного удельного расхода тепловой энергии на отопление помещения являются ниже от показаний установленными проектом данного здания.

Делаем вывод, что мероприятия по теплозащите достигли цели повышения энергоэффективности здания и приведения этого показателя в соответствие с нормами.

8 Заполнение энергетического паспорта жилого здания

В условиях продолжающейся реформы жилищно-коммунального хозяйства для собственников жилья вопрос энергоэффективности становится все более актуальным. Климат в Томске континентально-циклонический, т.е. переходный от европейского умеренно континентального к сибирскому резко континентальному. И отопительный период длится с октября по май. Поэтому на оплату отопления приходится основная часть расходов в коммунальных квитанциях на жилье.

В ближайшие годы прогнозируется постепенный рост цен на все энергоносители. Электричество и газ будут ежегодно дорожать на 10-15%. Этот факт не может не волновать собственников жилья. Поэтому для снижения расходов на отопление необходимо большее внимание уделять энергосберегающим мерам. Для этого необходимо знать, через какие конструкции дома уходит тепло и какие материалы используются для утепления здания. В решении данных вопросов помогут методики энергоаудита.

Прежде всего нужно обратиться к строительным нормам которые регламентируют порядок ведения и заполнения его. За последние годы весьма изменилась законопроектная документация строительства. Так, в 2003 году были введены новые СНиП 23-02-2003 «Тепловая защита зданий», включающая в себя проектными документами о энергоэффективности зданий который входит «Энергетический паспорт здания».

Энергетический паспорт – это документ, который содержит геометрические, энергетически и теплотехнические данные проектируемых и эксплуатируемых зданий и их ограждающих конструкций. Энергетический паспорт устанавливает соответствие данных характеристик нормативным требованиям.

Этот документ вносятся данные разбитые на три этапа: 1) при разработке проекта здания; 2) при сдаче в эксплуатацию; 3) в процессе эксплуатации.

Энергоаудит проводится независимыми организациями, получившие аккредитацию Минэнерго России. По результатам испытаний, которые проводятся, зданию присваивается класс энергетической эффективности и даются рекомендации по повышению этого параметра. Таким образом, энергоаудит является неотъемлемой частью для заполнения энергетического паспорта.

Последнее время, в силу развития строительного производства, возрастает потребность в исследованиях энергоэффективности, и увеличивается количество региональных компаний по энергоаудиту.

В процессе энергоаудита собираются исходные данные о теплоэнергетическом состоянии хозяйства жилища. Основные исходные данные должны включать в себя теплотехнические характеристики стен, перекрытий, окон, дверей и др. Для этого производятся следующие действия: измеряются наружные поверхности отапливаемой части здания; выделяются площади оконных проемов; устанавливается состав каждого наружного ограждения (коэффициент теплопроводности материала, толщина каждого слоя при многослойной конструкции); рассчитывается сопротивление теплопередаче.

Также в процессе энергоаудита собирается информация об инженерных системах здания и всем энергопотребляющем оборудовании который включает в себя коммуникационные части здания, определяется тип системы отопления, номинальная и фактическая мощность котла, имеющиеся средства авторегулирования, схема подключения горячего водоснабжения.

Если система снабжения централизованная, то для системы горячего водоснабжения измеряются температура и давление воды в трубопроводе на вводе в здание, а также температура воды в циркуляционных стояках секционных узлов перед подключением их к магистрали. Ко всему прочему, изучается внутренний микроклимат в помещениях, а именно, замеряется кратность температуры, влажности и воздухообмена.

На основе результатов исследований проводится оценка соответствия фактических результатов значений теплоэнергетических показателей проектным, а также устанавливается фактическое сопротивление теплопередаче ограждения. На основании этих данных составляются рекомендации для повышения теплозащиты конструкций и устранения выявленных дефектов.

Для составления энергетического баланса дома берется во внимание количество тепла, потребляемое зданием за отопительный период. К разным типам отопления применяются разные пути решения.

Как уже упоминалось, энергетический паспорт позволяет сделать дом более энергоэффективным, а не преследует какие-либо другие цели. При заполнении этого документа выявляются просчеты в теплозащите, допущенные в проектом задании и возведении дома, проверяя на качество выполненных работ. Тем не менее, лучше устранять обнаруженные ошибки в теплозащите не на построенном здании, а предупреждать их появление на стадии проектирования этого здания.

Таким образом, необходимо отметить, что введение энергетического паспорта для жилых домов является необходимостью современных реалий, т.к. законодательство в области энергосбережения будет с каждым годом вести меру ответственности за проведенные работы в проектом сегменте и не только, при этом ценовая политика на энергоносители будут расти.

В данной дипломной работе составлены энергетические паспорта для существующего жилого здания: один до утепления и второй после повышения уровня теплозащиты. Данные энергетических паспортов приведены ниже.

.

Энергетический паспорт жилого здания по адресу:

Шестиэтажное жилое здание, расположенное в г.Томске. Общее количество квартир – 29. Стены здания трехслойные: кирпич глиняный обыкновенный с утеплительным слоем минеральной ваты 100мм. Толщина стены составляет 615мм. Окна с тройным остеклением в раздельно-спаренных переплетах. Чердак – холодный. Цокольный этаж с полноценным отоплением. Здание подключено к централизованной системе теплоснабжения.

Расчетные условия

	Наименование расчетных параметров	обозначения	Единицы измерения	Величина
1.	Расчетная температура внутреннего воздуха	t_{int}	°C	21
2.	Расчетная температура наружного воздуха	t_{ext}	°C	-40
3.	Расчетная температура теплового чердака	$t_{\text{int}}^{\text{c}}$	°C	14
4.	Расчетная температура теплового подвала	$t_{\text{int}}^{\text{f}}$	°C	21
5.	Продолжительность отопительного периода	z_{Ht}	сут	236
6.	Средняя температура наружного воздуха за отопительный период	$t_{\text{ext}}^{\text{av}}$	°C	-8,4
7.	Градусосутки отопительного периода	D_d	°C · сут	6938

Функциональное назначение, тип и конструктивное решение здания

8.	Назначение	Жилое
9.	Размещение в застройке	Отдельно стоящее
10.	Тип	Многоэтажное, бэт.
11.	Конструктивное решение	Монолитно-кирпичное
12.	Стены	Кирпич глиняный обыкновенный со слоем минеральной ваты
13.	Окна	Окна с трехслойным остеклением в раздельно-спаренных переплетах
14.	Чердак	Холодный, перекрытие железобетонное
15.	Подвал	Отапливаемый, перекрытие железобетонное
16.	Система теплоснабжения	Централизованная

Объемно-планировочные параметры здания

№	показатель	Обозначение и размерность показателя	Нормативное значение показателя	Расчетное (проектное) значение показателя	Фактическое значение показателя
	2	3	4	5	6
17.	Общая площадь ограждающих конструкций, в т.ч.: Стен Окон Входных дверей Покрытия (перекрытия холодного чердака) Пола цокольного этажа по грунту	$A_e^{sum}, м^2$ $A_w, м^2$ $A_F, м^2$ $A_{ed}, м^2$ $A_c, м^2$ $A_f, м^2$	- - - - - -	2996,1 1847,7 315,2 24,6 347,4 485,8	
18.	Отапливаемая площадь здания	$A_H, м^2$	-	2213	
19.	Жилая площадь	$A_l, м^2$	-	927	
20.	Расчетная				

	площадь (для общественных зданий)	$A_l, \text{м}^2$	-	-	
21.	Отапливаемый объем	$V_H, \text{м}^3$	-	7303	
22.	Коэффициент остекленности фасада здания	p	0,18	0,158	
23.	Показатель компактности здания	$K_e^{\text{des}}, \text{м}^2$	0,31	0,41	

Энергетические показатели

Теплотехнические показатели					
1	2	3	4	5	6
24.	Приведенное сопротивление теплопередаче наружных ограждений -стен	$R_w^r, \frac{\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}}{\text{Вт}}$	3,85	1,102	
	-окон и балконных дверей	$R_F^r, \frac{\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}}{\text{Вт}}$	0,65	0,547	
	- перекрытия холодного чердака	$R_c^r, \frac{\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}}{\text{Вт}}$	5,05	5,054	
	- пола цокольного этажа по грунту	$R_f^r, \frac{\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}}{\text{Вт}}$	5,7	5,054	
25.	Приведенный трансмиссионный коэффициент теплопередачи здания	$K_m^{\text{tr}}, \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}}$	-	0,908	
26.	Кратность воздухообмена	$n_a, \frac{1}{\text{ч}}$		0,448	
27.	Приведенный инфильтрационный коэффициент теплопередачи здания	$K_m^{\text{inf}}, \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}}$		0,24	
28.	Общий коэффициент теплопередачи здания	$K_m, \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}}$		1,148	
Теплоэнергетические показатели					
29.	Общие теплотери через ограждающую оболочку здания за отопительный период	$Q_H, \text{МДж}$		2061798,6	

30.	Удельные бытовые тепловыделения в здании	$q_{\text{int}}, \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2}$	Не менее 10	10	
31.	Бытовые теплопоступления в здание за отопительный период	$Q_{\text{int}}, \text{МДж}$		189019	
32.	Теплопоступления в здание от солнечной радиации за отопительный период	$Q_s, \text{МДж}$		197483,5	
33.	Потребность в тепловой энергии на отопление здания за отопительный период	$Q_H^y, \text{МДж}$		1945382,2	
34.	Удельный расход тепловой энергии на отопление здания	$q_H^{\text{des}}, \frac{\text{кДж}}{\text{м}^3 \cdot ^\circ\text{C} \cdot \text{сут}}$		38,4	
Сопоставление с нормативными требованиями					
35.	Расчетный коэффициент энергетической эффективности системы централизованного теплоснабжения здания от источника теплоты		η_0^{des}	0,5	
36.	Требуемый удельный расход тепловой энергии на отопление здания		$q_H^{\text{req}}, \frac{\text{кДж}}{\text{м}^3 \cdot ^\circ\text{C} \cdot \text{сут}}$	30	
37.	Соответствует ли проект нормативному требованию		Нет		
38.	Категория энергетической эффективности		Пониженная		
39.	Дорабатывать ли проект здания?		Да		

Рекомендации по повышению энергетической эффективности

41	Рекомендуем: - Теплоизоляция наружных стен, пола цокольного этажа, стен цокольного
----	---

	этажа, расположенных ниже уровня земли - Утепление окон и балконных дверей, входных дверей
--	---

Энергетический паспорт жилого здания

Шестизэтажное жилое здание, расположенное в г.Томске. Общее количество квартир – 29. Стены здания четырехслойные: кирпич глиняный обыкновенный с утеплительным слоем минеральной ваты 100мм, слой изоляции из пенополиуретана на наружной поверхности стен толщиной 70мм. Общая толщина стены составляет 685мм. Окна с тройным остеклением в раздельно-спаренных переплетах. Чердак – холодный. Цокольный этаж с полноценным отоплением, пол теплоизолирован 50мм слоем стеклянно-штапельного волокна «Hansol» М-12. Здание подключено к централизованной системе теплоснабжения.

Расчетные условия

	Наименование расчетных параметров	обозначения	Единицы измерения	Величина
1.	Расчетная температура внутреннего воздуха	t_{int}	°C	21
2.	Расчетная температура внутреннего воздуха	t_{ext}	°C	-40
3.	Расчетная температура теплого чердака	t_{int}^c	°C	14
4.	Расчетная температура теплого подвала	t_{int}^f	°C	21
5.	Продолжительность отопительного периода	z_{Ht}	сут	236
6.	Средняя температура наружного воздуха за отопительный	$t_{\text{ext}}^{\text{av}}$	°C	-8,4

	период			
7.	Градусосутки отопительного периода	D_d	$^{\circ}\text{C} \cdot \text{сут}$	6938

Функциональное назначение, тип и конструктивное решение здания

8.	Назначение	Жилое
9.	Размещение в застройке	Отдельно стоящее
10.	Тип	Многоэтажное, бэт.
11.	Конструктивное решение	Монолитно-кирпичное
12.	Стены	Кирпич глиняный обыкновенный со слоем минеральной ваты
13.	Окна	Окна с трехслойным остеклением в раздельно-спаренных переплетах
14.	Чердак	Холодный, перекрытие железобетонное
15.	Подвал	Отапливаемый, перекрытие железобетонное
16.	Система теплоснабжения	Централизованная

Объемно-планировочные параметры здания

№	показатель	Обозначение и размерность показателя	Нормативное значение показателя	Расчетное (проектное) значение показателя	Фактическое значение показателя
	2	3	4	5	6
17.	Общая площадь ограждающих конструкций, в т.ч.:	$A_e^{\text{sum}}, \text{м}^2$	-	2996,1	
	Стен	$A_w, \text{м}^2$	-	1847,7	
	Окон	$A_F, \text{м}^2$	-	315,2	
	Входных дверей	$A_{ed}, \text{м}^2$	-	24,6	
	Покрытия (перекрытия холодного чердака)	$A_c, \text{м}^2$	-	347,4	
	Пола цокольного этажа по грунту	$A_f, \text{м}^2$	-	485,8	

18.	Отапливаемая площадь здания	$A_H, \text{м}^2$	-	2213	
19.	Жилая площадь	$A_I, \text{м}^2$	-	927	
20.	Расчетная площадь (для общественных зданий)	$A_I, \text{м}^2$	-	-	
21.	Отапливаемый объем	$V_H, \text{м}^3$	-	7303	
22.	Коэффициент остекленности фасада здания	p	0,18	0,158	
23.	Показатель компактности здания	$K_e^{\text{des}}, \text{м}^2$	0,31	0,41	

Энергетические показатели

Теплотехнические показатели					
1	2	3	4	5	6
24.	Приведенное сопротивление теплопередаче наружных ограждений -стен -окон и балконных дверей - перекрытия холодного чердака - пола цокольного этажа по грунту	$R_w^r, \frac{\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}}{\text{Вт}}$ $R_F^r, \frac{\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}}{\text{Вт}}$ $R_c^r, \frac{\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}}{\text{Вт}}$ $R_f^r, \frac{\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}}{\text{Вт}}$	3,85 0,65 5,05 5,7	3,97 0,55 5,054 6,37	
25.	Приведенный трансмиссионный коэффициент теплопередачи здания	$K_m^{\text{tr}}, \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}}$	-	0,455	
26.	Кратность воздухообмена	$n_a, \frac{1}{\text{ч}}$		0,448	
27.	Приведенный инфильтрационный коэффициент теплопередачи здания	$K_m^{\text{inf}}, \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}}$		0,24	
28.	Общий коэффициент теплопередачи здания	$K_m, \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}}$		0,695	
Теплоэнергетические показатели					
29.	Общие теплотери через ограждающую оболочку здания за отопительный период	$Q_H, \text{МДж}$		1248214,3	

30.	Удельные бытовые тепловыделения в здании	$q_{\text{int}}, \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2}$	Не менее 10	10	
31.	Бытовые теплопоступления в здание за отопительный период	$Q_{\text{int}}, \text{МДж}$		189019	
32.	Теплопоступления в здание от солнечной радиации за отопительный период	$Q_s, \text{МДж}$		197483,5	
33.	Потребность в тепловой энергии на отопление здания за отопительный период	$Q_H^y, \text{МДж}$		1042303,6	
34.	Удельный расход тепловой энергии на отопление здания	$q_H^{\text{des}}, \frac{\text{кДж}}{\text{м}^3 \cdot ^\circ\text{C} \cdot \text{сут}}$		20,57	
Сопоставление с нормативными требованиями					
35.	Расчетный коэффициент энергетической эффективности системы централизованного теплоснабжения здания от источника теплоты		η_0^{des}	0,5	
36.	Требуемый удельный расход тепловой энергии на отопление здания		$q_H^{\text{req}}, \frac{\text{кДж}}{\text{м}^3 \cdot ^\circ\text{C} \cdot \text{сут}}$	30	
37.	Соответствует ли проект нормативному требованию		Да		
38.	Категория энергетической эффективности		Повышенная		
39.	Дорабатывать ли проект здания?		Нет		

9 Теплотери через наружные ограждающие конструкции

Процесс передачи от горячего воздуха к холодной через разделительную между ними стенкой называется теплопередачей и при этом распространение теплоты понимается обмен внутренней энергией между элементами областями данной среды, тепловой перенос делается: конвекцией, тепловым излучением и теплопроводностью.

Тепловые потери очень зависят от архитектурно планового решения дома через наружные ограждения здания при постоянном температурном режиме находятся тепло поточные величины

Чтобы получить очень экономичный расчет отопительного оборудования, нужно выбирать хорошую теплозащиту для наружных ограждений и спроектировать грамотную, продуманную архитектурную часть, учитывая влияние розы ветров на расчеты.

Теплотери через ограждающие поверхности конструкции помещений $Q_{огр}$ складываются из теплотерь через отдельные ограждения помещения, определяемые по формуле (8.4) [4, стр.34] Вт:

$$Q_{огр} = k \cdot A \cdot (t_{int} - t_{ext}) \cdot n \cdot (1 + \Sigma \beta),$$

где k – коэффициент теплопередачи ограждения, Вт/(м²·К), равный $k = 1/R_{o.пр.}$

$R_{o.пр.}$ – приведенное сопротивление теплопередаче ограждения, К·м²/Вт;

A – площадь ограждения, м²;

t_{int} – температура внутри помещения, °С; в соответствии с ГОСТ 30494-96 принимаемая равной $t_{int} = 21^{\circ}\text{C}$ для жилых комнат, $t_{int} = 19^{\circ}\text{C}$ для кухонь, $t_{int} = 24^{\circ}\text{C}$ для совмещенных санузлов, $t_{int} = 16^{\circ}\text{C}$ для лестничных клеток и вестибюля, $t_{int} = 18^{\circ}\text{C}$ для межквартирных коридоров, $t_{int} = 20^{\circ}\text{C}$ для административно-бытовых помещений;

t_{ext} – расчетная температура наружного воздуха для проектирования отопления, °C; для г. Томск $t_{\text{ext}} = -40^{\circ}\text{C}$;

n – коэффициент, учитывающий положение наружной поверхности ограждающих конструкций по отношению к наружному воздуху, принимается по табл. 5.2 [4, стр.20];

$(1+\Sigma\beta)$ – коэффициент добавочных тепловых потерь, принимается согласно рекомендациям главы 8 [4, стр.36].

Добавочные потери теплоты β через ограждающие конструкции следует принимать в долях от основных потерь всего расчета:

а) в помещениях здания любого назначения через наружные проекции двух мерной вертикальной стены, двери и окна, обращенные на стороны границами которых являются север, восток, северо-восток и северо-запад в размере 0,1; на юго-восток и запад — в размере 0,05; в угловых помещениях дополнительно — по 0,05 на каждую стену, дверь и окно, если одно из ограждений обращено на север, восток, северо-восток и северо-запад и 0,1 — в других случаях меняется коэффициент направленный на правильность расчета ;

б) через наружные двери, не оборудованные воздушными или воздушно-тепловыми завесами предупреждая мостики холода, при высоте зданий H , м, от средней планировочной отметки земли до верха карниза, центра вытяжных отверстий диффузора или канала шахт в размере $0,2 H$ — для тройных дверей с двумя тамбурами между ними; $0,27 H$ — для двойных дверей с тамбурами между ними; $0,34 H$ — для двойных дверей без тамбура; $0,22 H$ — для одинарных дверей;

в) добавка в угловых административно-бытовых помещениях - принимают для вертикальных ограждений в размере 0,05 основных теплопотерь (в угловых жилых и тому подобных помещениях повышают расчетную температуру внутреннего воздуха в помещении на 2°C и добавку 0,05 не вводят).

Соппротивление теплопередаче следует определять:

а) для неутепленных полов на грунте и стен, расположенных ниже

уровня земли, с коэффициентом теплопроводности $\lambda \geq 1,2 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{С})$ по зонам шириной 2 м, параллельным наружным стенам, принимая $R_c, \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{С} / \text{Вт}$, равным:

2,1 — для I зоны;

4,3 — для II зоны;

8,6 — для III зоны;

14,2 — для IV зоны; (для оставшейся площади пола);

б) для утепленных полов на грунте и стен, расположенных ниже уровня земли, с коэффициентом теплопроводности $\lambda_h < 1,2 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{С})$ утепляющего слоя толщиной δ , м, принимая $R_h, \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{С} / \text{Вт}$ по формуле

$$R_h = R_c + \frac{\delta}{\lambda_h}$$

При определении расчетных тепловых потерь в помещениях учитываются теплозатраты Q_H , Вт, связанные с инфильтрацией наружного воздуха в помещение $G_{\text{и.пом}}$ через наружное ограждение

$$Q_H = 0,278 \cdot c \cdot G_{\text{и.пом}} \cdot (t_{\text{int}} - t_{\text{ext}}) \cdot A \cdot F_H$$

где c - удельная теплоемкость воздуха, равная $\sim 1 \text{ кДж}/(\text{кг} \cdot ^\circ\text{С})$;

$G_{\text{и.пом}}$ — минимальный расход приточного наружного воздуха в жилых помещениях, $G_{\text{и.пом}} = 3 \text{ м}^3/\text{ч} \cdot \text{м}^2$;

A - коэффициент, учитывающий влияние трансмиссионного теплового потока; $A = 0,8$ - для окон и дверей с отдельными переплетами, $A = 1$ для окон и дверей со спаренными переплетами; для других наружных ограждающих конструкций $A = 0,6$;

F_H - площадь рассматриваемого ограждения наветренного фасада, м^2 .

Приток уличного воздуха в здание (инфильтрация) учитывается только через оконные проемы, балконные двери, фонари, ворота, двери и открытые проемы. В зданиях с незначительным остеклением фасадов инфильтрацию следует учитывать через стыки панелей и массив потому что процент низкого проникновения воздуха рассеивается в общем объемной массы внутренней воздушной массы.

Для жилых комнат, которую имеют естественную вытяжку в кухонных

зонах, сантехнических помещениях, которые не компенсируемую подогретым приточным воздухом, кроме $Q_{\text{И}}$ определяется расход теплоты $Q_{\text{В}}$ на нагрев воздуха в размере нормативного воздухообмена внутри помещений (за расчетное значение принимается наибольшее из $Q_{\text{И}}$ и $Q_{\text{В}}$):

$$Q_{\text{В}} = \frac{1,005 \cdot 1,2 \cdot 3 \cdot 10^3}{3600} (t_{\text{int}} - t_{\text{ext}}) F_{\text{П}} \approx (t_{\text{int}} - t_{\text{ext}}) F_{\text{П}}$$

где 1,005-удельная теплоемкость воздуха, кДж· (кг·°С); 1,2-плотность воздуха при $t_{\text{int}} = 18^{\circ}\text{C}$, кг/м³; 3- количество воздуха, поступающего на 1м² жилой площади, м³/(м²·ч); $F_{\text{П}}$ - площадь пола комнаты, м².

Результаты расчета сведены в табл. А приложения. Таблица состоит из 14 столбцов, заполняемых при расчёте. В столбце 3 принято условное обозначение ограждений: Нс – наружная стена, То – тройное остекление, Нд – наружная дверь, Пт – перекрытие чердачное, Пл – зоны пола по грунту.

Суммарные теплотопотери по зданию составили 289326,9 Вт. Стоит отметить, что тепловой режим здания значительно ухудшается планировкой здания, отличающейся большим количеством угловых помещений. Этот недостаток отчасти компенсируется тем, что южный фасад почти полностью состоит из застекленных лоджий, являющихся третьей ниткой остекления и придающих зданию дополнительную теплозащиту.

Анализ тепловых потерь верхних этажей показал, что чердачное перекрытие имеет достаточное сопротивление теплопередаче и предоставляет хорошую теплоизоляцию. В таком случае промерзание 6 этажа здания, о котором заявляло ТСЖ можно объяснить переувлажнением ограждающих поверхностей или спрессовыванием слоя теплоизоляции из минеральноватных матов, приведшему к опустошению среднего слоя стены на уровне верхнего этажа. Возможно, также были допущены просчеты при проектировании системы отопления, возведении здания или при переоборудовании цокольных помещений, что могло повлечь нарушение гидравлического режима системы отопления.

10 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

Планирование работы в данной работе заключается в следующем: составление перечня работ, необходимых для достижения поставленной задачи; определение участников работы; установление продолжительности работы в рабочих днях

Определение затрат по запланированным работам осуществляется в форме сметной калькуляции, для расчета которой должны быть использованы действующие рыночные цены, а также данные производственных и научно – исследовательских подразделений. Обычно затраты на любой вид деятельности рассчитываются по следующим элементам расходов с последующим суммированием:

- материальные затраты;
- затраты на оплату труда;
- отчисления на социальные нужды (единый социальный налог);
- амортизация основных фондов и нематериальных активов;
- накладные издержки и прочие затраты.

Временные оценки работ НИР

В таблице 10.1 представлен учет рабочего времени для расчета заработной платы.

.

Таблица 10.1 – Перечень работ и оценки времени их выполнения

	Наименование работ	Исполнитель	Продолжительность дней
1	Подготовка исходных данных для разработки проекта	Руководитель, Инженер	1

2	Подборка данных: <ul style="list-style-type: none"> • По тепловому потреблению • По нормативным потерям тепла • Предложение по тепло-изоляции здания 	Инженер	29
3	Анализ данных	Инженер	13
4	Основные технологические решения	Инженер	14
5	Составления плана работы: <ul style="list-style-type: none"> • Расчет сопротивления теплопередачи здания • Расчет удельного расхода тепловой энергии системой отопления 	Руководитель Инженер	2
6	Исправления замечаний	Инженер	10
7	Проверка исправлений и замечаний	Руководитель	1
8	Утверждение ВКР	Руководитель	1
9	Итого	Руководитель Инженер	5 71

Расчет сметы затрат на разработку проекта.

Затраты на проект:

$$K_{\text{ПР}} = I_{\text{МАТ}} + I_{\text{АМ}} + I_{\text{ЗП}} + I_{\text{СО}} + I_{\text{ПР}} + I_{\text{НР}} \quad (10.1)$$

где $I_{\text{МАТ}}$ - затраты на материал;

$I_{\text{АМ}}$ - амортизационные отчисления;

$I_{\text{ЗП}}$ - затраты на заработную плату;

$I_{\text{СО}}$ - социальные отчисления;

$I_{\text{ПР}}$ - прочие затраты;

$I_{\text{НР}}$ - накладные расходы

Материальные затраты:

Материальные затраты на канцелярские товары равны 1300 руб

$$I_{MAT} = 1300 \text{ руб.}$$

Амортизация основных фондов и нематериальных актив.

К основным фондам при выполнении проекта относятся электронная вычислительная техника (компьютер, ноутбук) и печатающее устройство (принтер), данные сведены в таблицу 10.2

Таблица 10.2

Вид техники	Кол-во	Стоимость техники, Ц _{к.т.}	Норма амортизации, T _{ам}	Амортизационные отчисления, И _{ам}
1. Ноутбук	1	23000	20%	945,21
2. Компьютер	1	62000	20%	2547,95
3. Принтер	1	13000	20%	534,25

Амортизационные отчисления:

$$I_{AM} = \frac{T_{исп.к.т.}}{T_{кал.дн.}} \cdot Ц_{к.т.} \cdot \frac{1}{T_{ам}} \quad (10.2)$$

где $T_{ам}$ - срок службы (для компьютера, ноутбука и принтера принимаем $T_{ам} = 4 \text{ года}$;

$T_{кал.дн.}$ - время использования основных фондов (в днях);

$T_{исп.к.т.}$ - использование техники в период написания ВКР (в днях).

$$I_{AM.Комп.} = \frac{71}{365} \cdot 62000 \cdot \frac{1}{4} = 3015,06 \text{ руб.}$$

$$I_{AM.Ноут.} = \frac{71}{365} \cdot 23000 \cdot \frac{1}{4} = 1118,49 \text{ руб.}$$

$$I_{AM.Принт.} = \frac{71}{365} \cdot 13000 \cdot \frac{1}{4} = 632,19 \text{ руб.}$$

Сумма амортизационных отчислений по основным фондам:

$$\sum I_{ам.осн.} = I_{АМ.Комп.} + I_{АМ.Ноут.} + I_{АМ.Принт.} \quad (10.3)$$

$$\sum I_{ам.осн.} = 3015,06 + 1118,49 + 632,19 = 4765,74 \text{ руб.}$$

Размер основной заработной платы.

Среднедневная заработная плата:

$$I_{факт.ЗП} = \frac{I_{мес.ЗП}}{T} \cdot n \quad (10.4)$$

где T - число рабочих дней в месяце;

n – количество фактических дней.

Исходя из данных производственного календаря:

Зарплата инженера:

$$I_{мес.ЗП}^{инж} = ЗПо \cdot K2 \quad (10.5)$$

Зарплата руководителя:

$$I_{мес.ЗП}^{рук} = (ЗПо + Д) \cdot K2 \quad (10.6)$$

где

$K2=1,3(30\%)$ – районный коэффициент;

$ЗПо=14500$ руб. – зарплата инженера;

$Д=2200$ руб. – доплата за интенсивность труда;

$ЗПо=23300$ руб. – научного руководителя;

Расчет зарплаты инженера и руководителя:

$$I_{мес.ЗП}^{инж} = 14500 \cdot 1,3 = 18850 \text{ руб.}$$

$$I_{мес.ЗП}^{рук} = (23300 + 2200) \cdot 1,3 = 33150 \text{ руб.}$$

Расчет фактической зарплаты за проведенную работу, принять n согласно таблице 8.1.

• Инженер

$$I_{факт.ЗП} = \frac{18850}{21} \cdot 71 = 63730,95 \text{ руб.}$$

• Руководитель

$$I_{факт.ЗП} = \frac{33150}{21} \cdot 5 = 7892,86 \text{ руб.}$$

Социальные отчисления.

Социальные отчисления рассчитываются как 30% от затрат на оплату труда ФЗП:

$$\Phi ЗП = I_{рук.ЗП} + I_{инж.ЗП} = 63730,95 + 7892,86 = 71623,81 \text{ руб.} \quad (10.7)$$

$$I_{CO} = \Phi ЗП \cdot 30\% = 71623,81 \cdot 0,3 = 21487,14 \text{ руб.} \quad (10.8)$$

Прочие затраты.

Прочие затраты это 10% от суммы всех предыдущих затрат:

$$I_{ПР} = 0,1 \cdot (I_{МАТ} + I_{АМ} + I_{ЗП} + I_{CO}) \quad (10.9)$$

$$I_{ПР} = 0,1 \cdot (1300 + 4027,41 + 71623,81 + 21487,14) = 9843,84 \text{ руб.}$$

Накладные расходы.

При работе на базе НИ ТПУ, в стоимость проекта учитываются накладные расходы, включающие в себя затраты на аренду помещений, оплату тепловой и электрической энергии, затраты на ремонт зданий и сооружений, заработную. Плату административных сотрудников и т.д. Накладные расходы рассчитываются как 200 % от затрат на оплату труда.

$$I_{НР} = 2 \cdot \sum I_{ЗП} = 2 \cdot 71623,81 = 143247,62 \text{ руб.} \quad (10.10)$$

Затраты на проект.

$$K_{ПР} = I_{МАТ} + I_{АМ} + I_{ЗП} + I_{CO} + I_{ПР} + I_{НР}$$

$$K_{ПР} = 1300 + 4027,41 + 71623,81 + 21487,14 + 10105,84 + 143247,62 = 251791,8 \text{ руб.}$$

Расчет экономического эффекта

Из приведенных расчетов видно, что потребность в тепловой энергии на отопление здания за отопительный период после проведения энергосберегающих мероприятий снизилась:

$$\Delta Q_H^y = Q_{H1}^y - Q_{H2}^y = 1662780 - 1038316,5 = 624463,5 \text{ МДж}$$

Снижение потребности тепловой энергии на отопление в процентах:

$$\frac{\Delta Q_H^y}{Q_{H1}^y} = \frac{624463,5}{1662780} = 37,5\%$$

Для определения экономического эффекта примем стоимость 1 Гкал тепловой энергии за 1446,77 рублей (данные тепловых сетей г.Томска, январь 2016):

$$\Delta \mathcal{E} = \frac{\Delta Q_H^y \cdot 1446,77 \cdot 10^{-3}}{4,19} = \frac{624463,5 \cdot 1446,77 \cdot 10^{-3}}{4,19} = 215621,7 \text{ рублей}$$

В рассматриваемом здании $n=35$ помещений практически одинаковой площади, поэтому их теплопотребление для оценочного расчета можно принять примерно равным. Вычислим среднюю экономию за отопительный сезон для собственника каждого помещения:

$$\frac{\Delta \mathcal{E}}{n} = \frac{215621,7}{35} = 6160,6 \text{ рублей}$$

В ходе проведенного расчета были определены затраты на проект. Данной работе был выполнен расчет экономического эффекта и средняя экономия для собственников. Расчеты показали, что здание нуждается в утеплении, поэтому были предложены меры по повышению уровня тепловой защиты данного жилого здания.

Список используемой литературы:

1. Территориальные строительные нормы Томской области ТСН 23-316-2000.
2. СНиП II-3-79* «Строительная теплотехника».
3. СНиП 2.04.05-91* «Отопление, вентиляция и кондиционирование».
4. Справочник проектировщика. Внутренние санитарно–технические устройства. Под ред. И.Г. Староверова. Изд-е 3-е. Часть II. Вентиляция и кондиционирование воздуха. М.: Стройиздат – 1978 г.
5. ГОСТ 12.1.005-88 «Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны»